

CLIPPEDIMAGE= JP405320644A  
PAT-NO: JP405320644A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05320644 A  
TITLE: GROUT COMPOSITION FOR STABILIZATION OF GROUND,  
ARTIFICIAL STRUCTURE OR  
THE LIKE AND WORK FOR STABILIZATION, STRENGTHENING OR WATER  
STOP THEREWITH  
PUBN-DATE: December 3, 1993  
INVENTOR-INFORMATION:  
NAME  
MATSUSHITA, NOBUAKI  
HASHIMOTO, YOSHIHIKO  
ICHII, SUMIMASA  
MAKI, HIROHISA  
ASSIGNEE-INFORMATION:  
NAME COUNTRY  
DAI ICHI KOGYO SEIYAKU CO LTD N/A  
APPL-NO: JP04129150  
APPL-DATE: May 21, 1992  
INT-CL (IPC): C09K017/00; E02D003/12  
US-CL-CURRENT: 405/266

ABSTRACT:

PURPOSE: To perform the stabilization, strengthening and water stop of rock bed, ground or an artificial structure by using a grout comprising an aqueous sodium silicate solution, a polyisocyanate and an inorganic filler and having a high binding strength and excellent stabilization, strengthening, curability, durability, pouring workability, safety and economic profitability.

CONSTITUTION: This grout composition comprises an aqueous sodium silicate solution, a polyisocyanate and an inorganic filler. Especially from the viewpoints of safety, hygienics and cost, it is desirable to use polymethylene polyphenyl isocyanate of a degree of modification with polyol of 3% or above, desirably 3-10%, as the polyisocyanate. When this composition is poured into

ground, the bound ground can exhibit a compressive strength of

100kgf/cm<sup>2</sup> or above. A desirable example of the inorganic filler is a

fine inorganic powder of a maximum particle diameter of 50 $\mu$ m or below and a

mean particle diameter of 10 $\mu$ m or below.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-320644

(43)公開日 平成5年(1993)12月3日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 0 9 K 17/00	1 0 7			
E 0 2 D 3/12	1 0 1	9013-2D		

審査請求 未請求 請求項の数6(全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-129150

(22)出願日 平成4年(1992)5月21日

(71)出願人 000003506

第一工業製薬株式会社

京都府京都市下京区西七条東久保町55番地

(72)発明者 松下 伸顕

京都府亀岡市曾我部町穴太口山90-34

(72)発明者 橋本 芳彦

滋賀県神崎郡能登川町佐野597-8

(72)発明者 市井 純正

京都府京都市中京区猪熊通御池下ル三坊猪

熊町南組361-1

(72)発明者 牧 宏久

滋賀県大津市仰木の里六丁目5-9

(74)代理人 弁理士 朝日奈 宗太 (外2名)

(54)【発明の名称】 地盤や人工構造物などの安定化用注入薬液組成物およびそれを用いた安定強化止水工法

(57)【要約】

【目的】 岩盤、地盤、人工構造物などの不安定部分の固結安定化および止水に有用な注入薬液組成物とそれを用いる安定強化止水工法を提供する。

【構成】 (A) ケイ酸ソーダ水溶液と、(B) ポリイソシアネートおよび(C) 無機充填剤とからなる安定化用注入薬液組成物、およびそれを地盤や人工構造物に注入固結する安定強化止水工法。

【効果】 無機充填剤を配合することによりポリイソシアネートと無機充填剤との混合液の安定性、ポンプ循環性がすぐれ、かつ複合固結体の強度がきわめて大きく大断面トンネル、大深度地下工事、既設トンネルの補強など大きい地盤支持力が要求される地盤安定化にきわめて有効である。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) ケイ酸ソーダ水溶液、

(B) ポリイソシアネートおよび

(C) 無機充填剤

からなる地盤や人工構造物などの安定化用注入薬液組成物。

【請求項2】 ポリイソシアネートがポリオール変性率が3%以上であるポリメチレンポリフェニルイソシアネートである請求項1記載の安定化用注入薬液組成物。

【請求項3】 無機充填剤が最大粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下、平均粒子径が $10\mu\text{m}$ 以下の無機微粉末である請求項1記載の安定化用注入薬液組成物。

【請求項4】 えられる固結体に $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の圧縮強度を与える請求項1記載の安定化用注入薬液組成物。

【請求項5】 岩盤ないし地盤に所定間隔で複数個の孔を穿設し、前記孔内に中空の注入ボルトを挿入し、ボルトの開口部より請求項1記載の注入薬液組成物を岩盤ないし地盤に注入し、固結させることを特徴とする岩盤ないし地盤の安定強化止水工法。

【請求項6】 人工構造物に注入パイプを挿入し、該注入パイプを介して請求項1記載の注入薬液組成物を人工構造物および/またはその背面に注入し、固結させることを特徴とする人工構造物の安定強化止水工法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、地盤や人工構造物などの安定化用注入薬液組成物およびそれを用いた安定強化止水工法に関する。さらに詳しくは、破碎帯を有する岩盤や不安定軟弱地盤の固結安定化、漏水、湧水のある岩盤ないし地盤の止水、さらにコンクリートなどの人工構造物のクラック、空隙、既設トンネルなどの安定強化止水工法およびそれに用いる安定化用注入薬液組成物に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、不安定岩盤や地盤の安定強化、人工構造物のクラックや空隙の充填法の1つとして無機ないし有機系グラウトの注入が行なわれ、ある程度の効果をあげている。

【0003】しかしながら、これらの方法を詳細にチェックすると、必ずしも満足しうる結果がえられていない。たとえば、一般に多用されているセメントミルク系では懸濁液の形態であるため、岩盤や人工構造物などのクラックや砂礫などの地盤層への浸透性がわるく、かつ固結速度が遅く、強度発現が遅いため、短時間に固結して強度が発現することが要求されるトンネルや地下地盤掘削時での不安定地山を早期に安定強化させる目的は達しえない。さらに、湧水や漏水のみられるばあいはおさら注入セメントミルクが希釈、流失してしまう。また代表的な無機系グラウトである水ガラス系2液システム

グラウトについても固結体強度が $3\sim 10\text{kg}/\text{cm}^2$ 程度と低く、さらに固結体が水と接触すると経時変化が起こり、 $\text{Na}_2\text{O}$ や $\text{SiO}_2$ などの主成分が溶脱し、アルカリ汚染や大幅な強度低下にいたるという問題がある。

【0004】一方、尿素系などの有機系グラウトについても固結強度不足や、硫酸、ホルマリンなどの硬化成分や助剤成分の溶出が発生するという問題がある。また、特公昭63-63687号公報、同63-63688号公報、同63-63688号公報、特開昭63-7413号公報、同63-7490号公報、同63-7491号公報、同63-8477号公報、同63-35913号公報などには、ポリオールとポリイソシアネートを主成分とする速硬性硬質発泡ウレタンシステム注入による岩盤の固結工法が記載されているが、これらの工法によれば、形成される固結体は、その固結強度が最大でも $40\sim 50\text{kg}/\text{cm}^2$ と小さく、たとえば圧縮強度が $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上といった高強度が要求される既設トンネルの補強や、大断面トンネル、大深度地下工事などの補強安定化には耐えないという欠点がある。

【0005】さらに特開昭61-9482号公報には、ポリイソシアネートと水ガラス(ケイ酸ソーダ水溶液)とを用い、水ガラス側にポリイソシアネートの三量化触媒として特定の3級アミンまたはアミノアルコールなどのマンニヒ塩基を配合してなる注入薬液組成物が記載されている。この組成物は難燃性であるが高価な三量化触媒を必要とするうえに、固結体強度も $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 未満であるため、前記と同様に、高強度補強効果が要求される土木工事には充分に適用することができない。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、このような従来技術の課題に着目してなされたもので、特定成分よりなる注入薬液組成物を注入し、無発泡ないし低発泡状の無機-有機複合固結体を形成することにより、固結強度が大きく、安定強化効果、耐久性、注入作業性、安全性および経済性にすぐれた岩盤ないし地盤および人工構造物の安定強化止水を可能ならしめることを目的とするものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】すなわち、本発明は、

(A) ケイ酸ソーダ水溶液、(B) ポリイソシアネートおよび(C) 無機充填剤からなる地盤や人工構造物などの安定化用注入薬液組成物を第1の発明とし、前記安定化用注入薬液組成物において、ポリイソシアネートがポリオール変性率が3%以上であるポリメチレンポリフェニルイソシアネートであることを第2の発明とし、前記無機充填剤が最大粒子径が $50\mu\text{m}$ 以下、平均粒子径が $10\mu\text{m}$ 以下の無機微粉末であることを第3の発明とし、前記安定化用注入薬液組成物がえられる固結体に $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上の圧縮強度を与えるものであることを第4の発明とし、岩盤ないし地盤に所定間隔で複数個の孔を穿設し、前記孔内に中空の注入ボルトを挿入し、ボルトの開口部

より前記安定化用注入薬液組成物を注入固結することを特徴とする岩盤ないし地盤の安定強化止水工法を第5の発明とし、さらに人工構造物に注入パイプを挿入し、該注入パイプを介して前記安定化用注入薬液組成物を人工構造物および/またはその背面に注入し、固結させることを特徴とする人工構造物の安定強化止水工法を第6の発明とするものである。

#### 【0008】

【作用および実施例】本発明における固結反応は極めて複雑であり明確ではないが、ケイ酸ソーダ水溶液(A)とポリイソシアネート(B)とを混合すると、(A)成分の一部に形成されているシラノール基と(B)成分中のイソシアネート基が反応して無水ケイ酸-ウレタン複合体を形成し、また(B)成分が水と反応して炭酸ガスを発生するとともに尿素結合して多量体や無水ケイ酸-尿素架橋複合体を形成し、さらに発生した炭酸ガスが水の存在下でケイ酸ソーダとゲル化して無水ケイ酸ゲルを形成しているものと推定される。さらに、ケイ酸ソーダ中のシラノール基と水分とポリイソシアネートとの反応時に生じる反応熱により、セメントと水との水和反応が促進され、ウレタン-ケイ酸ソーダセメントの無機-有機複合固結体が短時間で形成される。

【0009】以下、本発明の安定化用注入薬液組成物について述べる。

【0010】まず、(A)成分のケイ酸ソーダ水溶液としては、前記のとおり、通常市販されているケイ酸ソーダの水溶液を主成分として用いる。このケイ酸ソーダは式： $\text{Na}_2\text{O} \cdot x\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ で表わされ、 $\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{SiO}_2$ のモル比は2:1~1:4である。水溶液の固形分濃度としては、通常10~70%（重量%、以下同様）、なかんづく20~40%となるように調整するのが好ましい。

【0011】前記(A)成分中には、(B)成分のポリイソシアネートとの反応を促進させるための硬化促進触媒を配合することができる。かかる硬化促進触媒としては触媒活性や貯蔵安定性の点から、とくに3級アルキルアミンや環状アミンが好ましく、たとえばジメチルオクチルアミン、ジメチルラウリルアミン、モリホリン、ピペラジンなどがあげられる。そのほか、たとえばジブチル錫ジラウレート、トリエチレンジアミン、イミダゾール、モノエタノールアミン、ジエタノールアミン、トリエタノールアミンなどがあるがこれらはケイ酸ソーダと反応したり加水分解されて触媒能を失ったりするばあいがあり、注入直前に配合するのが好ましい。硬化促進触媒の配合量は、(A)成分中0.1~20%、好ましくは0.5~10%である。

【0012】また、要すれば硬化促進触媒をケイ酸ソーダ水溶液に乳化分散させるために界面活性剤を用いてもよい。たとえば硬化促進触媒として3級アルキルアミンを用いるばあい、アニオン系、非イオン系、カチオン

系、両性系のいずれの界面活性剤も使用でき、具体例としてはたとえばアルキルサルフェート、アルキルベンゼンスルホネート、エトキシアルキルサルフェート、エトキシアルキルベンゼンサルフェートなどのナトリウム塩、アミン塩、アンモニウム塩などの水溶液、さらにアルキルリン酸塩のほかアルコールやアルキルフェノールにエチレンオキシドを数モル付加重合させた非イオン界面活性剤などがあげられる。これらの界面活性剤の量は硬化促進触媒の1~100%、好ましくは10~20%である。

【0013】本発明において、ケイ酸ソーダ水溶液に3級アルキルアミンを界面活性剤によって乳化分散させたものを(A)成分として用いるととくにすぐれた効果を奏する。

【0014】前記(B)成分であるポリイソシアネートとしては、たとえばポリメチレンポリフェニルイソシアネート、液状ジフェニルメタンジイソシアネート、トリレンジイソシアネート、クルードトリレンジイソシアネート、キシリレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ナフタレンジイソシアネート、水添ジフェニルメタンジイソシアネート、トリメチレンキシリレンジイソシアネートなどのポリイソシアネートの単独または混合物；さらに前記ポリイソシアネートを水や低級モノ~多価アルコールで変性したアダクト体もしくはポリイソシアネートと各種ポリオールとを反応させた末端イソシアネート基含有ウレタンプレポリマーの単独または混合物；さらにこれらのアダクト体；もしくはプレポリマー類と前記各種ポリイソシアネートの1種または2種以上との混合物など；さらに前記ポリイソシアネートに触媒を加え、二量体または三量体としたものなどがあげられる。

【0015】これらの各種ポリイソシアネートのなかでも固結強度、安全衛生面および経済性の点よりポリメチレンポリフェニルイソシアネート、液状ジフェニルメタンジイソシアネート、ポリメチレンポリフェニルイソシアネート、末端イソシアネート基含有ウレタンプレポリマーおよびアダクト体などが好ましく、いわゆる取扱環境温度下での揮発性がきわめて小さく、液状品でしかも固結強度、経済性の伴った構成のものが好ましい。

【0016】また、前記ポリメチレンポリフェニルイソシアネートは、前記各種ポリイソシアネートのなかでもとくに安全衛生面、コスト面から、本発明においては好ましいものである。

【0017】なお、前記ポリメチレンポリフェニルイソシアネートのポリオール変性率は、形成される固結体の圧縮強度を向上させるために、3%以上であることが好ましいが、あまりにも大きすぎるばあいには、変性ポリメチレンポリフェニルイソシアネートが高粘度となってポンプ注入が困難となり、圧縮強度も低下する傾向がある。また、3%未満の変性率では変性効果がきわめて小

10

20

30

40

50

さく、固結体が脆く、圧縮強度が向上しなくなる。試験の結果、ポリイソシアネートのポリオール変性率は3~20%、なかんづく3~10%であることが望ましい。

【0018】前記アダクト体としては、たとえばトリメチロールプロパン1モルにトリレンジイソシアネート3モルを付加させ、酢酸エチルを添加して固形分量75%としたもの、メチルアルコール、エチルアルコールなどにエチレンオキシドを1~10モル付加した低級アルコールエトキシレートによりポリメチレンポリフェニルイソシアネートを部分変性したものなどがあげられる。

【0019】つぎに前記末端イソシアネート基含有ウレタンプレポリマーについて述べる。

【0020】まず前記プレポリマーに用いられるポリオールとしては、たとえば1,3-ブタンジオール、1,4-ブタンジオール、1,6-ヘキサジオールなどの2価アルコール、エチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコール、プロピレングリコール、ジプロピレングリコール、ブチレングリコール、グリセリン、トリメチロールプロパン、モノ、ジまたはトリエタノールアミン、ジグリセリン、ソルビトール、蔗糖などの単独もしくは混合物にプロピレンオキシドもしくはエチレンオキシドなどのアルキレンオキシドを付加重合したポリオール、ヒマシ油などがあげられる。さらにアジピン酸、無水フタル酸などの二塩基酸とエチレングリコール、ジエチレングリコール、トリメチロールプロパンなどのグリコールやトリオールとの脱水縮合反応によりえられる各種ポリエステルポリオール、ε-カプロラクタムの開環重合によりえられるラクトン系ポリエステルポリオール、ポリオールのホスゲン化、ジフェニルカーボネートによるエステル交換法で合成されるポリカーボネートジオール、その他アクリルポリオール、ポリブタジエン系ポリオール、さらにマンニヒポリオール、ノボラック樹脂、レゾール樹脂などにプロピレンオキシドまたはエチレンオキシドを付加重合してえられるフェノール系ポリオール、さらにポリオール中でアクリロニトリル、スチレンなどのビニル系モノマーをラジカル重合させたものや、これらのポリマーをポリオール中に分散溶解させたポリマーポリオール、テトラヒドロフランのカチオン重合によりえられるポリテトラメチレングリコール、あるいはこれらにアルキレンオキシドを付加重合した変性ポリオールなどもあげられる。

【0021】これらのポリオールの分子量は40~20,000が好ましい。また、ポリイソシアネートとして前記ポリメチレンポリフェニルイソシアネートを使用するばあい、ポリオールとしては若干親水性を有するものが相溶性にすぐれているので好ましく、具体的には平均分子量が1000を超えるばあい、エチレンオキシド単位が分子量中に5~99.5%、好ましくは10~90%含まれるよう付加し、親水性を付与したものが好ましい。

【0022】これらのポリオールと反応させるポリイソ

シアネートとしては、たとえばポリメチレンポリフェニルイソシアネート、ジフェニルメタンジイソシアネート、トリレンジイソシアネート、キシリレンジイソシアネート、イソホロンジイソシアネート、ヘキサメチレンジイソシアネート、水添ジフェニルメタンジイソシアネートなどの単独または混合物などが好ましく用いられる。

【0023】これら各種ポリオールによるポリイソシアネートの変性率は、固結体圧縮強度向上の効果の点より、ポリオール量として3%以上であることが有効である。

【0024】これらのポリオールとポリイソシアネートを用いて、末端イソシアネート基含有ウレタンプレポリマーは公知の方法で容易に製造される。

【0025】ポリイソシアネート(B)成分は(A)成分との反応性や固結性にすぐれている。しかし、粘度が比較的高いため岩盤や地盤への浸透性が充分ではなく、そのため従来は流動性や浸透性を向上させるためにトルエンやキシレン、酢酸エチルなどの有機溶剤を希釈剤として用いている。しかし、これらの有機溶剤は揮発性であり固結後放出されて環境を損うこともあるため、できるだけ使用しない方が好ましい。

【0026】好ましい希釈剤としては、(B)成分と混合してもイソシアネート基とは反応せず、(B)成分の貯蔵安定性や減粘にすぐれた効果を奏し、一方、(A)成分と混合接触したばあいにただちに反応して硬化し、環境への影響も少ない特定の反応性希釈剤がよい。

【0027】この好ましい反応性希釈剤は、(B)成分であるポリイソシアネートを希釈して注入時の粘度を下げる働きを有すると共に、(A)成分のケイ酸ソーダ水溶液と接触することによりアルカリ加水分解を受け、(A)成分および/または(B)成分と反応して前記(A)成分と(B)成分との硬化反応に積極的に関与し、より強い無水ケイ酸-ウレタン複合体や無水ケイ酸-尿素架橋複合体、網状の無水ケイ酸ゲルを主体とする無機-有機複合固結体を形成せしめるエステルまたはエーテルである。

【0028】反応性希釈剤のアルカリ加水分解生成物は以上のとおり、(A)成分および/または(B)成分と反応する官能基を少なくとも1個有しているが、そのような反応性基としてはアルコール性水酸基、カルボキシル基、1級または2級アミノ基、チオール基などがあげられる。たとえばエチレングリコールジアセテートを用いるときは、加水分解生成物としてエチレングリコールと酢酸が生成し、このエチレングリコールは(B)成分のポリイソシアネートと反応して三次元のポリウレタン架橋物を形成し、一方、酢酸は(A)成分のケイ酸ソーダを中和または脱水して網目状のシロキサン結合を生ぜしめてゲル化を促進させているものと推定される。

【0029】このように反応性希釈剤を配合することにより、機械的強度や硬度がより一層大きな無機-有機複

10

20

30

40

50

合固結体がえられる。

【0030】反応性希釈剤の代表例としては、たとえば低分子量二塩基酸のジエステル類、モノまたは多価アルコール類の酢酸エステル類、アルキレンカーボネート類、エーテル類、環状エステル類、酸無水物、各種のアクリル酸エステル、メタクリル酸エステルなどがあげられる。

【0031】低分子量二塩基酸のジエステル類としては、たとえばグルタル酸、コハク酸、アジピン酸、マロン酸、シュウ酸、ピメリン酸などのジメチルエステルなどのジアルキルエステルがあげられる。

【0032】アルコール類の酢酸エステル類としては、たとえばメチルセロソルブ、エチルセロソルブ、ブチルセロソルブ、アロピレングリコールメチルエーテル、エチルカルビトール、ブチルカルビトールなどのグリコールエーテル類のアセテート；3-メトキシブチルアルコール、3-メチル-3-メトキシブチルアルコールなどのアルコキシアルキルアルコール類のアセテート；エチレングリコール、ジエチレングリコール、トリエチレングリコールなどのグリコール類のジアセテート：などがあげられる。

【0033】アルキレンカーボネート類としては、たとえばアロピレンカーボネート、各種希釈剤に溶解した液状エチレンカーボネートなどがあげられる。

【0034】エーテル類としてはテトラヒドロフラン、ジオキサン、脱水ヒマシ油などの環状エーテルなどがあげられる。

【0035】環状エステル類としては $\gamma$ -ブチラクトンなどのラクトン類； $\epsilon$ -カプロラクタムなどのラクタム類があげられる。

【0036】各種のアクリル酸エステルまたはメタクリル酸エステルとしては、アクリル酸またはメタクリル酸のメチル、エチル、ブチルなどのアルキルエステルのほか、アクリル酸またはメタクリル酸とエチレングリコール、ジエチレングリコール、分子量100～1000のポリエチレングリコール、アロピレングリコール、ジアロピレングリコール、分子量100～1000のポリアロピレングリコール、分子量100～5000のエチレンオキシド、アロピレンオキシド共重合ジオールまたはトリオールなどのアルコール類とのエステルなどがあげられる。

【0037】酸無水物としては、無水アロピオン酸、無水酪酸、無水マレイン酸などがあげられる。

【0038】反応性希釈剤の配合量はポリイソシアネート組成物(B)中5～90%、好ましくは10～50%であり、この範囲内で(B)成分の種類や粘度、使用目的などによって適宜選定する。反応性希釈剤の量が少なすぎると(B)成分に対する減粘効果や固結強度向上効果が少なくなり、多すぎると逆に固結体強度が低下する。

【0039】本発明の主目的である高強度の固結体をうるために、本発明において無機充填剤が用いられる。

【0040】前記無機充填剤の具体例としては、たとえばセメント、高炉スラグ、石こう、炭酸カルシウム、粘土、水酸化アルミニウム、三酸化アンチモン、生石灰、ベントナイト、酸化チタンなどがあげられる。

【0041】前記無機充填剤の最大粒子径は、あまりにも大きいばかりには、(B)成分と混合したときに短時間で沈降して均一に分散させることができなくなったり、注入ポンプのギヤ一部で付着したり目詰まりして注入させることができなくなることがあるので、50 $\mu$ m以下、なかんづく40 $\mu$ m以下であることが好ましい。

【0042】また、前記無機充填剤の平均粒子径は、(B)成分と混合した際の分散安定性、無機充填剤の沈降防止などの点から、10 $\mu$ m以下、なかんづく8 $\mu$ m以下であることが好ましい。

【0043】また、前記最大粒子径および平均粒子径を有する無機微粒子を用いたばかりには、(A)成分、(B)成分および(C)成分を混合すると同時に硬化が開始し、水ガラス-ウレタン-無機充填剤の複合固結体を形成し、その結果、固結強度が大幅に向上し、しかも不安定地盤、岩盤などの安定化効果、アンカー効果、ボルトの固定化効果や、クラック、空隙の充填シール効果などが大幅に向上する。

【0044】前記無機充填剤に含まれる水分量は、(B)成分であるポリイソシアネートと反応して増粘するので、少いほどよい。かかる無機充填剤中の水分量は、一般に1%以下、好ましくは0.5%以下であることが望ましい。

【0045】前記無機充填剤の配合量は、(B)成分に対して5～80%、好ましくは10～50%であることが望ましく、注入作業時に(B)成分に添加して十分に混合したのち、(A)成分とともにポンプに注入する。

【0046】また、ポリイソシアネート組成物(B)に、要すれば(A)成分との反応硬化を促進するための触媒、たとえばジブチル錫ジラウレート、オクチル酸第一錫などの金属触媒、トリエチレンジアミン、トリエチルアミンなどのアミンを通常ポリイソシアネート(B)に対して使用時に0.01～5%程度添加配合してもよい。このばあい、これらの触媒は(A)成分にあらかじめ添加すると(A)成分がゲル化するため、使用時に(B)成分に添加することが好ましい。

【0047】またオルガノポリシロキサンなどのシリコーン系整泡剤などを(A)成分および/または(B)成分中に配合してもよい。

【0048】また、固結体の弾力性や機械的強度を向上させるために各種高分子材料、たとえば溶剤タイプの加硫または未加硫ゴム、すなわちブタジエンゴム、クロロプレンゴム、スチレン-ブタジエンゴム、エチレン-アロピレンゴムやこれらのエマルジョン、各種ポリアクリル樹脂エマルジョン、ポリビニルアルコール、エチレン-酢酸ビニルエマルジョン、ポリウレタン樹脂ディスパ

ージョン、ポリエチレンオキサイドなどを注入時に(A)成分および/または(B)成分に必要量配合することもできる。

【0049】さらに要すれば、(B)成分中に各種老化防止剤、耐熱性付与剤、抗酸化剤などの安定化剤を配合することもできる。これらの安定化剤の配合量は一般に(B)成分中0~2%でよい。

【0050】(A)成分と(B)成分の配合割合((A)成分/(B)成分)は、(A)成分に含まれる $\text{Na}_2\text{O}$ と $\text{SiO}_2$ の組成比などによって異なるので一概には決定することができないが、通常重量比で10/100~100/10、好ましくは20/100~100/20となるように調整するのが望ましい。かかる割合が10/100よりも小さいばあいには、注入薬液コストが高価なものとなり不経済となるうえ比例式注入ポンプでの配合比のコントロールがきわめて困難となり、硬化も遅くなる傾向があり、また100/10をこえるばあいには、固化が不十分で未硬状となり、たとえ硬化しても非常に弱く、もろくて実用に供しえなくなる傾向がある。

【0051】本発明の注入薬液組成物は(A)ケイ酸ソーダ水溶液、(B)ポリイソシアネートおよび(C)無機充填剤の3成分から基本的になり、岩盤などへの注入直前に3成分を混合する。混合方法については後述する方法や、ゲル化時間が長いばあいや小規模注入のばあいは(A)成分と(B)成分をおよび(C)成分とをあらかじめ混合してワンショット法で注入するなどの公知の方法を採用することができる。

【0052】(A)成分の調製は、ケイ酸ソーダ水溶液単独使用のばあいには、前記したように固形分濃度を約10~70%にすればよいが、他の成分、たとえば硬化促進触媒を配合するときには、必要に応じて界面活性剤を用いて攪拌下に充分に分散させることができる。

【0053】(C)成分は、(A)成分とあらかじめ混合すると前記したように、ゲル化をおこすため、(B)成分のポリイソシアネートと混合する。

【0054】しかしながら、(C)成分と(B)成分とをあらかじめ混合しておく貯蔵中に(B)成分の増粘やゲル化が生ずることがあり、また沈澱物を生ずこともあるため、(C)成分は(A)成分との混合直前に加えるのが好ましい。

【0055】混合方法としてはたとえば、20リットルベール缶または注入ポンプのタンクに(B)成分を入れ、ハンドミキサーなどで攪拌しながら(C)成分を徐々に添加し、充分に混合する方法などがあげられる。

【0056】本発明における特殊な注入薬液である(A)成分、(B)成分および(C)成分からなる注入薬液組成物は、空隙やクラックの多い軟質ないし不安定な地盤、岩盤、破碎帯層、クラックや空隙を有する人工構造物、さらには老朽化トンネルなどの補強を目的にその背面などにも注入固結されるが、かかる注入固結する方法につい

てはとくに限定はなく、公知の方法を採用しうる。その一例をあげれば、たとえば(A)成分および(B)成分の注入量、圧力、配合比などをコントロールしうる比較配合式ポンプを用い、(A)成分と均一に(C)成分を配合した(B)成分とを別々のタンクに入れ、岩盤などの所定箇所(たとえば0.5~3m程度の間隔で穿設された複数個数の孔)に、あらかじめ固定されたスタチックミキサーや逆止弁などを内装した有孔のロックボルトや注入ロッドを通し、この中に前記タンク内の各成分を注入圧0.5~80kg/cm<sup>2</sup>・Gで注入し、スタチックミキサーを通して、所定量の(A)成分と、(C)成分を配合した(B)成分とを均一に混合させ、所定の不安定岩盤ないし地盤箇所に注入浸透、硬化させて固結安定化する方法などがある。

【0057】なお、たとえばトンネルの天盤部に注入するばあいには、注入に先立ち、たとえば約2mの所定の間隔でたとえば42mmφビットのレッグオーガーを用いて削孔し、深さ2m、削孔角度10~30°の注入孔を設け、この注入孔にスタチックミキサーおよび逆止弁を内挿した孔を有する長さ3m、中空炭素鋼管製ロックボルトを挿入し、該ロックボルトの口元を、注入薬液の逆流を防ぐために、ウエス、急結セメント、発泡硬質ウレタン樹脂をあらかじめ含浸させたウエスなどを用いてシールし、薬液を前記した方法で注入することが好ましい。注入作業は、注入圧が急激に上昇した時点、または所定注入量よりもさらに約20容量%を増加した分を注入した時点で終了する。一般に、注入孔1個あたり薬液は30~200kg注入すればよい。

【0058】また、人工構造物のクラックなどの安定強化止水は、たとえば該クラック面に対し20~50cm間隔で直径10mm深さ5~10cmにドリルで削孔し、孔内の削りくずや粉塵を圧縮空気で吹きとばし、削孔上に脱脂綿を約5mm厚にのせ、その上から直径約10mm長さ20~30mmの注入パイプを打ち込み、注入薬液のリークのない状態にセットする。また、クラックや漏水などの発生箇所に対し約30cmピッチでU字またはV字カットし、注入パイプを急結セメントで固定する。つぎに小型スタチックミキサーなどを内装したY字管またはT字管を通し、本発明の(A)、(B)および(C)成分の混合液を比例配合ポンプまたは手押しポンプなどを用いて所定の配合比で注入圧0.5~40kg/cm<sup>2</sup>・G、好ましくは0.5~2kg/cm<sup>2</sup>・Gで所定量注入する。注入量は、一般に、推定空隙体積量プラスαでよい。

【0059】本発明の安定強化止水工法は、安定強化や止水にとくにすぐれた効果を発揮し、不安定岩盤や地盤、湧水地盤さらには人工構造物などの安定化や止水を図ることができる。また、形成された硬化固結物は、高強度で耐久性を有するものであり、岩盤などへの付着、密着性にすぐれ、かつ不燃性ないし難燃性を呈するものであり、しかも経済的なものであるため、実用上有利な



## 1.1

方法である。

【0060】以下、製造例と実施例に基づいて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はかかる実施例のみに限定されるものではない。なお、製造例中の部は重量部である。

## 【0061】製造例1～6

表1に示す(A)成分と(B)成分とをそれぞれ別々に調製し、さらに(B)成分に(C)成分を添加し、ハンドミキサーでよく混合した。つぎにこの(B)成分と(C)成分の予備混合液の安定性を調べ、ポンプ循環テストを行なった。さらに、この予備混合液と(A)成分を静止ミキサー内装の鉄製短管(外形22mm、内径15mm、長さ30cm)を所定の配合比でポンプ送液し、均一に混合させた状態で3連式4×4×16cmモールドに吐出液を流入して強度試験用供試体を作製した。

【0062】なお、混合時からのゲル化するまでの時間、えられた固結体の曲げおよび圧縮試験(JIS R 5201)、さらに(B)成分と(C)成分の混合液の安定性、ポンプ循環テストの結果を表1に示す。

【0063】安定性試験はつぎの方法で評価した。表1に記載の(B)成分と(C)成分の予備混合液を100ml容のメスシリンダーに100ml採取し、5時間静置後の各無機充填剤の沈降量が0～2mlならば○、2～5mlならば

## 1.2

△、5ml以上ならば×と評価した。ポンプ循環テストは、前記のごとく、表1記載の(B)成分と(C)成分の予備混合液を薬液タンクBに入れ、エア駆動式ギヤポンプで循環を15分間実施し、混合液の目詰りや、吐出液量の変化がないものを○、この間にポンプ目詰りや吐出液量の大きな変動がみられるものを×とした。

【0064】なお、(A)成分には、ケイ酸ソーダ3号( $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 = 1/3$ 、モル比)40%水溶液または2号( $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2 = 1/2$ 、モル比)50%水溶液を用いた。

【0065】また硬化促進触媒および分散剤も、ケイ酸ソーダー水溶液へ添加混合した。

【0066】(B)成分にはポリソシアネートに反応性希釈剤を適宜配合混合した。(C)成分の無機充填剤は(A)成分との混合直前に(B)成分に混合した。

## 【0067】比較製造例1～2

最大粒子径100  $\mu\text{m}$ 以上、平均粒子径が20  $\mu\text{m}$ 以上の無機充填剤を用いたほかは製造例1～6と同様にして比較用の注入薬液組成物を調製し、各特性を調べた。その結果を表1に示す。

## 【0068】

## 【表1】

13

14

表 1

製造例番号		1	2	3	4	5	6	比較 製造例1	比較 製造例2
A成分	ケイ酸ソーダ 水溶液 (kg)	3号(19.5)	3号(19.5)	3号(19.5)	2号(16)	3号(19.2)	3号(19.5)	3号(19.5)	3号(19.5)
	触媒 (kg)	DMOA (0.4)	DMOA (0.4)	DMOA (0.3)	LDA (0.4)	DMOA (0.6)	DMOA (0.4)	DMOA (0.4)	DMOA (0.4)
	分散剤 (kg)	NPE7 (0.1)	NPE7 (0.1)	NPS-4 (0.1)	NPS-4 (0.1) 水 (3.5)	NPE11 (0.2)	NPE7 (0.1)	NPE7 (0.1)	NPE7 (0.1)
B成分	ポリイソシア ネート (kg)	DPG-MDI (16)	D400M-DI (18)	DR-3000-50 MDI-L (17)	ヒマシ油 1200-MDI (15)	C-MDI (19)	So-850 MDI (15)	G 350 MDI (16)	C-MDI (18)
	反応性希釈剤 (kg)	EGDA (4)	PC (2)	KMB-AC (3)	GAME (5)	PCM-AC (1)	PAH (5)	PC (4)	EGDA (2)
C成分	無機充填剤 (kg)	コロイダル セメント (5)	スーパ-コロイ ダルセメント (4)	マイクロシリカ5000 (タルク) (6)	炭酸カル シウム (8)	コロイダル セメント (8)	石こう (5)	ポリアリ セメント (4)	ポリアリ セメント (5)
	最大粒子径 (μm)	40	10	40	15	40	44	100	150
	平均粒子径 (μm)	8	4	7	2	8	5	20	60
(B)成分と (C)成分の 予備混合液	安定性 ポンプ循環テスト	○	○	○	○	○	○	×	×
ゲルタイム (秒)		60	61	65	66	54	68	61	57
固結体の物性 JIS-R-5201 に準拠 (1日 間室内で養生 後に測定)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	310	330	350	185	169	320	-	-
	曲げ強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	162	170	180	110	95	163	-	-

【0069】なお、表1中の各略号はつぎのとおりである。

【0070】(ポリイソシアネート)

C-MDI

ポリメチレンポリフェニルポリイソシアネート

D-400MDI

ポリオキシプロピレングリコール (平均分子量 400) 1\*50

\*00部でC-MDI 900部を反応変性した末端NCO基含有ウレタンプレポリマー

G-350MDI

ポリオキシプロピレントリオール (平均分子量 350) 50部でC-MDI 950部を反応変性した末端NCO基含有ウレタンプレポリマー

DR-3000-50MDI-L

## 1.5

ポリオキシエチレンプロピレンランダムジオール（平均分子量 200、EO:PO=50:50 重量比）100 部でMDI-L（液状ジフェニルメタンジイソシアネート）900 部を反応変性した末端NCO 基含有ウレタンプレポリマー

So-850MDI

ポリオキシプロピレンヘキサオール（平均分子量 850）50部でC-MDI 950部を反応変性した末端NCO 基含有ウレタンプレポリマー

DPG-MGI

ジプロピレングリコール（平均分子量134）40部でC-MDI 960部を反応変性した末端NCO 基含有ウレタンプレポリマー

ヒマシ油1200-MDI

エチレンオキシド付加重合したヒマシ油（平均分子量1200）100部でC-MDI 900部を反応変性した末端NCO 基含有ウレタンプレポリマー

（反応性希釈剤）

MMB-AC

3-メチル-3-メトキシブチルアセテート

PGM-AC

プロピレングリコールメチルエーテルの酢酸エステル EGDA

エチレングリコールジアセテート

PC

プロピレンカーボネート

GAME

グルタル酸メチルエステル

PAH

無水プロピオン酸

（触媒）

DMDA

ジメチルオクチルアミン

LDA

ラウリルジメチルアミン

（界面活性剤）

NPE-11

ノニルフェノール1モルにエチレンオキシドを11モル付加した非イオン系界面活性剤

NPE-7

ノニルフェノール1モルにエチレンオキシドを7モル付加した非イオン系界面活性剤

NPS-4

ノニルフェノール1モルにエチレンオキシドを4モル付加したものの硫酸アンモニウム塩

C成分（無機充填剤）

コロイダルセメント

最大粒子径40 $\mu$ m、平均粒子径8 $\mu$ m

スーパーコロイダルセメント

最大粒子径10 $\mu$ m、平均粒子径4 $\mu$ m

ミクロンホワイト5000

## 1.6

タルク最大粒子径44 $\mu$ m、平均粒子径7 $\mu$ m（林化成（株）製）

炭酸カルシウム

最大粒子径44 $\mu$ m、平均粒子径2 $\mu$ m

ベントナイト

最大粒子径147 $\mu$ m、平均粒子径61 $\mu$ m

普通ポルトランドセメント

最大粒子径100 $\mu$ m、平均粒子径20 $\mu$ m

実施例1

10 破砕帯を有するトンネル天盤部にジャンボ機で42mm $\phi$ ビットにより2m間隔で削孔角度25 $^{\circ}$ ～35 $^{\circ}$ （トンネル掘削方向に対しての角度）で15個削孔し、えられた孔内に炭素鋼製（JIS G 3445、STKM 17C）の注入ボルト（外形27.2mm、内系15mm、長さ3m、静止ミキサーおよび逆止弁内装）を挿入し、口元部分約30cmを2液硬質発泡ウレタン樹脂を含浸させたメリヤス製ウエスを鉄棒で押し込みシールした。

【0071】表1における製造例3の薬液(A)成分40kgを薬液タンクAへ(B)成分と(C)成分の現地ハンドミキサー混合液52kgを薬液タンクBへそれぞれ入れ、注入準備作業を行なった。まずポンプ循環テストを15分間行なったが、無機充填剤の目詰りは発生しなかった。

【0072】つぎに、循環ホース先端より(A)成分および(B)成分と(C)成分の混合液を30秒間10リットルポリバケツに採取し、吐出量を計量したところ、各々2.2kg、2.9kgであった。(A)成分/[ (B)成分と(C)成分の和 ] の配合比（重量比）は約1/1.3で正常であることを確認した。

【0073】(A)成分および(B)成分と(C)成分の混合液の各吐出ホースをT字型ユニットに接続後、前記の地山に固定した、各注入孔ボルトにジョイントし、注入圧10～60kg/cm<sup>2</sup>・Gで、注入スピード7～12kg/分で1孔あたり約80～120kgをスムーズに注入することができた。

【0074】薬液を注入してから約120分間後に、掘進により地山の改良状態を調査したところ、固結範囲は半径2mの半球状であり、固結安定化していた。

【0075】注入固結部分をサンプラーで5cm $\phi$ ×10cmの円柱形状にサンプリングし、一軸圧縮強度を測定すると241kg/cm<sup>2</sup>であった。なお、未改良部は破砕帯のためサンプリングが不可能であった。この結果、本発明の薬液は、無機充填剤（ミクロンホワイト）の沈降や注入ポンプの目詰りが一切なく、その有効性が十分に証明され、固結安定化層が形成されることが判明した。

【0076】実施例2

大きな空隙を有する花崗岩破砕帯部のトンネル天盤部の安定化を図るために、表1における製造例1の薬液注入による安定化を行なった。施工方法は実施例1と同様に行なった。

50 【0077】すなわち、天盤部にジャンボ機で42mm $\phi$ ビ

17

ットにより、2m間隔で深さ3mの注入孔を10個削孔した。削孔角度は20°であった。えられた孔内に実施例1と同様の炭素鋼製ロックボルト（JIS G 3455、STKM 17C）を挿入し、口元部を実施例1と同様にしてシールした。

【0078】前記製造例1の薬液(A)成分40kgを薬液タンクAへ、(B)成分と(C)成分の混合物50kgを現地でハンドミキサーで混合し、これを薬液タンクBへそれぞれ入れ、注入準備作業を行なった。まずポンプ循環テストを15分間行なったが、コロイダルセメントの目詰まりは発生しなかった。つぎに循環ホース先端部より(A)成分、および(B)成分と(C)成分の混合液を30秒間10リットルポリバケツに採取し、吐出量を計量したところ、それぞれ2.1kg および2.7kg であった。(A)成分/(B)成分と(C)成分の和]の配合比(重量比)は約1/1.24でほぼ正常であることを確認した。

\*  
表 2

一軸圧縮強度* (kg/cm <sup>2</sup> )		315
燃焼性**	燃 焼 時 間 (秒)	62
	燃 焼 距 離 (mm)	1

\* 供試体 4cm×4cm×4cm。圧縮スピード5mm/分。

\*\* JIS A 9514 準拠。

【0082】実施例2の結果より、本発明の薬液は(C)成分のコロイダルセメントの沈降や、注入ポンプ目詰りもなく注入ボルトより大きな空隙を有する花崗岩破碎帯部に注入することにより空隙を完全にシールしかつ破碎帯部にもよく浸透固結し、岩盤の安定化を図ることができ、トンネル掘削工事において非常に有益であることが立証された。

### 【0083】実施例3

建設後約45年間経過した既設トンネルの耐久度検査を行なった。すなわち、3m間隔でトンネル天井部および側壁部を40.2mmφのドリルでコンクリート壁の背面(約45cm)などを削孔し、背面部のコンクリートと他山の空隙間隙量、コンクリート自体の強度などを評価した。さらにコンクリート自体のクラックの発生状況も観察した。

【0084】その結果、地山とコンクリート壁の間に、大小の空隙の存在が認められ、かつコンクリートにクラックも入っていたため、表1の製造例6の薬液を背面注入し、補強工事を行なった。

【0085】すなわち、まずジャンボ機により40.2mmφのドリルでトンネル天井部に対して地面より60°角ゾーンを2m間隔で深さ2mで40孔削孔し、えられた孔内に実施例1と同形式の炭素鋼製(JIS G 3445、STKM 17C)の注入ボルトで長さが2mのものを挿入し、口元部約30cmを2液硬質発泡ウレタン樹脂を含浸させたメリヤス製ウエスを鉄棒で押し込んでシールした。

18

\*【0079】(A)成分および(B)成分と(C)成分の混合液の各吐出ホース先端をT字型ユニットに接続後、前記の地山に固定した、各注入孔ボルトにジョイントし、注入圧10~65kg/cm<sup>2</sup>・G、注入スピード6~10kg/分で各ボルトあたり約70~110kg注入した。

【0080】薬液を注入してから約90分後に地山の安定化状況を確認するために注入孔周辺を掘進し調査したところ、固結範囲は半径約2mであり、半球状に固結しており、かつ、大きな空隙部も高密度でよくシールされていた。なお、参考のためにとくに大きな空隙部でシール固結している製造例1の薬液の単独固結部分をサンプラーで5cmφ×10cmの円柱形状にコアサンプリングして一軸圧縮強度を測定するとともに燃焼テストを実施した。その結果を表2に示す。

【0081】

【表2】

※【0086】つぎに表1の製造例6の薬液(A)成分40kgを薬液タンクAへ、(B)成分40kgと(C)成分の石こう10kgを現地でハンドミキサー混合した50kgを薬液タンクBへ入れた。

【0087】注入の準備作業としてポンプ循環テスト15分間行なったが、石こうの沈降によるポンプ目詰まりはなかった。

【0088】つぎに、吐出液量を評価したところ、30秒間で(A)成分2.3kg、(B)成分と(C)成分の混合液3.4kgであった。(A)成分/(B)成分と(C)成分の和]の配合比(重量比)は、約1/1.5で正常であった。つぎに各吐出ホースをT字型ユニットに接続後、前記固定した各注入孔ボルトにジョイントし、注入圧5~60kg/cm<sup>2</sup>で注入し、速度7~10kg/分で1孔あたり50~100kgをスムーズに注入することができた。

【0089】注入補強部分を50mmφのダイヤモンドコア一抜きビットを付けて5cmφ×10cmの円柱形状にサンプリングし、一軸圧縮強度を測定すると352kg/cm<sup>2</sup>であった。また未注入部分を同じく5cmφ×10cmの円柱形状でサンプリングしたが脱型時にクラックが入っていたため、破損し、強度試験が不可能な状態であった。

【0090】この結果、本発明の注入薬液組成物は無機充填剤(石こう)の沈降や注入ポンプ目詰まりもなく、きわめて高強度の固結安定化層を形成することが判明した。

## 【0091】実施例4

鉄筋コンクリート3階建ビルの屋上スラブのコーナー部にクラックが発生し、降雨時に階下に漏水していた。この漏水部に表1の製造例2に記載の薬液を注入し、止水工事を行なった。まずクラックに対し、φ10mmのドリルを用いて約30cmピッチで深さ約5cmの孔を50個削孔し、孔内の削りくずや粉塵を圧縮空気で吹き飛ばしたのちに削孔上に脱脂綿を約5mm厚にのせ、その上から外径約10mmの注入パイプを木製ハンマーで打ち込んだ。

【0092】つぎに(A)成分20kgを手押ポンプ付き薬液タンクAへ、(B)成分20kgと(C)成分のスーパーコロイダルセメント4kgを現地でハンドミキサーで均一に混合し、これを手押ポンプ付き薬液タンクBへ入れた。吐出量を評価するために薬液タンクAおよびBそれぞれに同ジストロークで3回手押しポンプを押し、それぞれ薬液タンク吐出ホース先端部よりの吐出液量を2リットルのポリバットに受け、計量したところ、(A)成分側450g、(B)成分と(C)成分の混合液側530gで(A)成分/[ (B)成分+(C)成分の和 ]の配合比が約1/1.18でほぼ正常であることを確認した。

【0093】つぎにタンクAおよびタンクBの吐出ホースの先端を静止ミキサーを内装したY字管に継ぎ、各注入パイプにワンタッチジョイント形式でセットし、(A)成分/[ (B)成分+(C)成分の和 ]の配合比が約1/1.2(重量比)で手押ポンプを上下に作動させて1孔あたり約1~2kg注入した。約2時間で50個前部の注入作業が完了したが、この間スーパーコロイダルセメントの沈降やポンプ目詰まりなどのトラブルは一切生じなかった。

【0094】注入後、注入パイプを取り除き、コルク栓を打ち込み、モルタルを塗布して仕上げた。約2週間後に激しい降雨があったが、以前のような漏水はまったく発生せず、クラックシールおよび止水に大変有効なことが立証された。

## 【0095】比較例1

じゃもん岩性と支保工の間およびその不安定地山でのトンネル掘削工事で安定化するべく支保工根本部にジャンボ機で42mmφビット口径で2m間隔で深さ3mの注入孔を12個削孔し、実施例1と同様の炭素鋼性ロックボルト(JIS G 3455、STKM 17C)を挿入し、口元部を実施例1と同様にシールした。

【0096】つぎに薬液タンクAに比較製造例1に記載の薬液(A)成分を40kg、薬液タンクBに比較製造例1の薬液(B)成分および(C)成分の混合液を48kgをそれぞれ入れ、注入の準備作業にはいった。まず、ポンプ循環テストを行ない、流量、目詰まりの有無などを評価した。その結果、循環後5分間でセメント粒子がエアポンプのギヤ一部に目詰まりし、作動不可能となった。これはセメント粒子が大きいと、沈降が早く、ギヤ一部に付着、目詰りしたものと考えられる。

## 【0097】比較例2

既設トンネルコンクリート打継部より漏水している箇所に実施例4の方法で比較例2の薬液を手押ポンプで注入、止水工事を行なった。すなわち、漏水しているコンクリート打継部に10mmφのドリルを用い、千鳥の形で20cmピッチで深さ約5cmの孔を30個削孔し、孔内の削りくずや粉塵を圧縮空気で吹き飛ばしたのちに削孔コンクリート面に脱脂綿を約5mm厚でのせ、その上から外径10mmの注入パイプを木製ハンマーで打ちこんだ。

【0098】つぎに(A)成分20kgを手押ポンプ付き薬液タンクAへ、(B)成分20kgと(C)成分のベントナイト5kgを現地でハンドミキサーでよく均一に混合し、これを手押しポンプ付き薬液タンクBへ入れた。注入前に吐出量を実施例4と同様に行なったところ、(A)成分側440g、(B)成分と(C)成分側530gで(A)成分/[ (B)成分と(C)成分の和 ]の配合比が約1/1.2でほぼ正常であった。静止ミキサー内装Y字管に(A)成分および(B)成分と(C)成分の吐出ホース先端を接続し、各注入パイプにセットし、1孔あたり約1リットル注入した。5個目の注入パイプへ手押し注入作業中にポンプに目詰まりが発生し、ポンプの上下作動が不可能となった。これはタンクB内のベントナイトが下層に沈降しポンプシリンダーを目詰まりさせたものと判断された。

## 【0099】

【発明の効果】本発明の注入薬液組成物およびそれを用いた安定強化止水工法は、以下に述べる①~⑥の効果を奏する。

【0100】① (A)成分のケイ酸ソーダ水溶液と(B)成分のポリイソシアネートと(C)成分の無機充填剤により確実な無水ケイ酸-ウレタン-無機充填剤の複合固結体が形成され、固結強度がいちじるしく向上する。したがって、固結硬化性能が非常に高く、確実に岩盤ないし地盤の安定強化を達成することができ、かつ漏洩部では確実な止水効果が奏される。

【0101】② (C)成分としてとくに特定の粒子径を有する微粒無機充填剤を用い、(B)成分と混合して用いるばあいには、混合液の分散性、安定性がきわめてすぐれ、無機充填剤の沈降や注入作業中のポンプ目詰まりをまったく生じない。

【0102】③ (A)成分としてケイ酸ソーダ水溶液(C)成分として無機充填剤を用いるため低コストであり、経済的である。

【0103】④ 固結体強度がきわめて大きく、強度の要求される既設トンネルの補強や不安定岩盤ないし地盤の安定強化アンカーボルトの固定化にきわめて有効である。

【0104】⑤ 耐久性にすぐれ、かつ難燃性ないし不燃性であり、火災の心配が少ない。また、労働安全衛生上にもすぐれている。

【0105】このように本発明の工法はすぐれた特徴を

21

有しており、既設トンネルの補強、一般山岳トンネル、大断面トンネル掘削工事や大深度地下土木工事などにおいて要求される、より確実かつ高強度で、経済的であ

22

り、安全性にすぐれた不安定岩盤ないし地盤の安定強化および止水を達成するのにきわめて有効な工法である。